

PAT-NO: JP02004340790A

DOCUMENT-IDENTIFIER: **JP 2004340790 A**

TITLE: ANGULAR VELOCITY SENSOR AND ANGULAR VELOCITY  
DETECTION APPARATUS

PUBN-DATE: December 2, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SUZUKI, TAKAHIKO

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TDK CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2003138730

APPL-DATE: May 16, 2003

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive angular velocity sensor capable of highly precisely detecting angular velocities through the use of a vibration mode which can not be caused by external vibrations.

SOLUTION: The angular velocity sensor is provided with a vibrator 2 made of a **magnetostrictive** material and formed in a rotating body; a support member 3 arranged on the axis of the vibrator 2 for supporting the vibrator 2 at a section of the surface of the vibrator 2 at which its axis passes; an exciting coil 4 for generating vibrations in radial directions in the vibrator 2 due to **magnetostrictive** effects by generating a magnetic field along the radial

directions centering on the axis in the vibrator 2; and a detecting coil 6 arranged at a distance from the vibrator 2 for detecting changes in magnetic flux according to vibration changes based on the Coriolis force acting on the vibrator 2 according to angular velocities.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-340790

(P2004-340790A)

(43) 公開日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>G01C 19/56  
G01P 9/04

F1

G01C 19/56  
G01P 9/04

テーマコード (参考)

2F105

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-138730 (P2003-138730)  
(22) 出願日 平成15年5月16日 (2003.5.16)(71) 出願人 000003067  
TDK株式会社  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
(74) 代理人 100104787  
弁理士 酒井 伸司  
(72) 発明者 鈴木 貴彦  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ  
ィーディーケー株式会社内  
Fターム(参考) 2F105 BB02 BB04 CC04 CD01 CD05

(54) 【発明の名称】 角速度センサおよび角速度検出装置

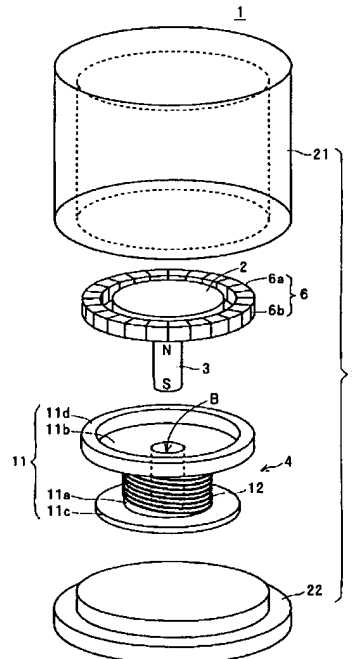
## (57) 【要約】

【課題】 外部振動によっては生じ得ない振動モードを使用して高精度の角速度検出を行い得る安価な角速度センサを提供する。

【解決手段】 磁歪材料を用いて回転体に形成された振動体2と、振動体2の軸線上に配設されると共に振動体2の表面における軸線の通過部位で振動体2を支持する支持部材3と、軸線を中心とする放射方向に沿った磁界を振動体2の内部に発生させることによって磁歪効果による放射方向の振動を振動体2に発生させる励磁コイル4と、振動体2と離間して配設されると共に角速度によって振動体2に作用するコリオリ力に基づく振動の変化に応じた磁束変化を検出する検出コイル6とを備えている。

【選択図】

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

磁歪材料を用いて回転体に形成された振動体と、当該振動体の軸線上に配設されると共に当該振動体の表面における当該軸線の通過部位で当該振動体を支持する支持部材と、前記軸線を中心とする放射方向に沿った磁界を前記振動体の内部に発生させることによって磁歪効果による当該放射方向の振動を当該振動体に発生させる磁界生成手段と、前記振動体と離間して配設されると共に角速度によって当該振動体に作用するコリオリ力に基づく前記振動の変化に応じた磁束変化を検出する検出手段とを備えている角速度センサ。

## 【請求項 2】

前記支持部材は、磁性材料を用いて構成されている請求項 1 記載の角速度センサ。 10

## 【請求項 3】

前記支持部材は、永久磁石を含んで構成されている請求項 2 記載の角速度センサ。

## 【請求項 4】

前記振動体、前記支持部材、前記磁界生成手段および前記検出手段を収容する磁性材料製のケースを備えている請求項 1 から 3 のいずれかに記載の角速度センサ。

## 【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の角速度センサを直交する 2 軸上にそれぞれ配設して構成されている角速度検出装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の角速度センサを互いに直交する 3 軸上にそれぞれ配設して構成されている角速度検出装置。 20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、磁歪材料で構成された振動体を用いた角速度センサおよびこの角速度センサを用いた角速度検出装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

角速度を検出するために、多くの方式が従来から実用化されている。その中でも比較的構造が簡単で、しかも安価な角速度センサとして、一次元の振動運動状態にある振動体に対して角速度が印加されたときに振動方向に対して直交する方向に生じるコリオリ力を何らかの方法で検出することによって角速度を検出する方法を採用した角速度センサが広く使用されている。この角速度センサは、別名、レートジャイロと呼ばれ、特に、上記した振動体を用いているものは、一般に振動ジャイロと呼ばれている。この振動ジャイロでは、多くの場合、圧電セラミックを用いて振動体が形成されており、交流電圧を印加することによって励振させた状態の振動体に角速度が加わった際に、コリオリ力によって振動体に生じる変位を圧電効果によって電気信号として取り出して角速度を検出している。 30

## 【0003】

しかしながら、この圧電セラミックを用いた圧電型角速度センサには、以下のような問題点がある。すなわち、この角速度センサでは、振動体に圧電素子を接着する構成、および振動体自身を圧電素子とする構成のいずれかを採用する必要があるが、いずれの構成を採用したとしても、圧電素子を駆動し、かつ圧電効果による電気信号を検出するためには、圧電素子の電極に配線を接続する必要がある。その結果、この配線を通して外部振動が振動体に伝達されて、角速度を正確に検出できないという問題点がある。 40

## 【0004】

そこで、この問題点を改善するために、例えば、特開平 5-1917 号公報に記載された振動ジャイロ (10) では、同公報中の図 1 に示すように、振動体 (12) は、そのノード点付近に取り付けられた支持部材 (22a, 22b) によって支持されている。また、リード線 (24a, 24b) は、同公報中の図 2 に示すように、振動体 (12) に沿わせて支持部材 (22b) に巻き付けられている。さらに、リード線 (24a, 24b) は、 50

支持部材(22b)から圧電素子(14a, 14b)付近に至るまで間、シリコンなどの弾性接着剤(26)によって振動体(12)に取り付けられている。同様に、リード線(24c)は、振動体(12)に沿わせた状態において弾性接着剤(26)で部分的に接着されて、支持部材(22a)に巻き付けられている。以上の構成により、この振動ジャイロ(10)では、弾性接着剤(26)を用いてリード線(24a~24c)を振動体(12)に取り付けているため、弾性接着剤(26)がダンピング材として機能する。したがって、リード線(24a~24c)に伝わった外部振動が弾性接着剤(26)によってダンピング(低減)される結果、振動体(12)の屈曲振動に対する外部振動の影響が軽減される。

#### 【0005】

10

しかしながら、この振動ジャイロ(10)では、弾性接着剤(26)の量によってダンピング特性が変化することに起因して、外部振動の軽減度合いを一定にすることが困難のため(再現性が良好でないため)、高精度で角速度を検出するのが困難であるという問題点が存在する。また、弾性接着剤(26)は温度変化や経時変化によってその弾性特性が変化(劣化)する。このため、この振動ジャイロ(10)には、振動の漏洩を長期に亘って良好に軽減することが困難であるという問題点も存在する。また、弾性接着剤(26)はその管理が容易ではなく、しかも作業性に劣るため、振動ジャイロ(10)の生産性を向上させるのが困難であるという問題点も存在する。

#### 【0006】

そこで、外部振動による振動体への影響をより効果的に軽減し得る方法として、外部振動によって振動体に引き起こされる可能性の少ない振動モードで振動体を振動させる振動ジャイロが提案されている。この種の振動ジャイロとしては、例えば、特開平10-267667号公報に開示されているジャイロ(ジャイロスコプ)が知られている。このジャイロでは、リング形状の振動共振器(1)を複数の可撓性支持ビーム(5)で静磁場中に宙吊り状に支持すると共に、その形状がリング形状から楕円形に、また楕円形からリング形状に変化可能に電磁誘導によって振動共振器(1)を振動させる振動モードを利用している。このような振動モードは外部振動によっては極めて起こりにくい振動のため、外部振動が加わったときであっても上記の振動モードへの影響が非常に少ない構造となっている。したがって、このジャイロでは、外部振動が加わったときにも角速度を精度よく検出することが可能となっている。

20

30

#### 【0007】

ところが、このジャイロでは、振動共振器(1)を支持する複数の可撓性支持ビーム(5)を、例えばマイクロマシーニング(微細加工技術)を利用して非常に精密に製作する必要があるため、製造費が高価になるという問題点がある。

#### 【0008】

一方、特開平7-20140号公報に開示されている角速度センサでは、磁歪材料によって形成された振動体(11)に駆動コイル(12)で発生した励磁界を与えて屈曲振動させる。この振動状態において、振動体(11)に角速度が加わったときには、振動方向に対して直交する方向のコリオリ力が振動体(11)の脚部に生じる。この場合、このコリオリ力によって振動方向が基本振動方向から若干ずれる(ねじれる)結果、脚部に作用する応力が変化して、逆磁歪効果によって生じる磁化も変化する。このため、この角速度センサでは、この磁化の変化を検出コイル(13a, 13b)で検出することにより、振動体(11)に加わっている角速度を非接触で検出することが可能となっている。

40

#### 【0009】

しかしながら、この角速度センサで利用されている振動モード(振動体(11)を屈曲振動させる振動モード)が外部振動によって影響を受け易い振動モードのため、この角速度センサには、高精度で角速度を検出するのが困難であるという問題点が存在する。

#### 【0010】

#### 【特許文献1】

特開平5-1917号公報(第2-3頁、第1図)

50

## 【特許文献2】

特開平10-267667号公報(第3-5頁、第1図、第5図)

## 【特許文献3】

特開平7-20140号公報(第6頁、第1図)

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来、種々の角速度センサが開発されているが、上記したように、特開平5-1917号公報および特開平7-20140号公報に開示された角速度センサでは、振動体が外部振動の影響を受け易いために、高精度で角速度を検出するのが困難であるという問題点が存在し、特開平10-267667号公報に開示されたジャイロでは、振動体に対する外部振動の影響を低減できるものの、製造コストが非常に高価になるという問題点がある。 10

## 【0012】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、外部振動によっては生じ得ない振動モードを使用して高精度の角速度検出を行い得る安価な角速度センサおよび角速度検出装置を提供することを主目的とする。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく本発明に係る角速度センサは、磁歪材料を用いて回転体に形成された振動体と、当該振動体の軸線上に配設されると共に当該振動体の表面における当該軸線の通過部位で当該振動体を支持する支持部材と、前記軸線を中心とする放射方向に沿った磁界を前記振動体の内部に発生させることによって磁歪効果による当該放射方向の振動を当該振動体に発生させる磁界生成手段と、前記振動体と離間して配設されると共に角速度によって当該振動体に作用するコリオリ力に基づく前記振動の変化に応じた磁束変化を検出する検出手段とを備えている。 20

## 【0014】

この場合、磁性材料を用いて前記支持部材を構成するのが好ましい。

## 【0015】

また、永久磁石を含んで前記支持部材を構成することもできる。

## 【0016】

さらに、前記振動体、前記支持部材、前記磁界生成手段および前記検出手段を収容する磁性材料製のケースを備えて角速度センサを構成するのが好ましい。 30

## 【0017】

また、本発明に係る角速度検出装置は、上記請求項に記載の角速度センサを直交する2軸上にそれぞれ配設して構成されている。

## 【0018】

また、本発明に係る角速度検出装置は、上記請求項に記載の角速度センサを互いに直交する3軸上にそれぞれ配設して構成されている。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明に係る角速度センサおよび角速度検出装置の好適な実施の形態について説明する。 40

## 【0020】

最初に、本発明に係る角速度センサの構成について、図面を参照して説明する。

## 【0021】

角速度センサ1は、図1、2に示すように、振動体2、支持部材3、磁界生成手段としての励磁コイル4、発振駆動回路5、検出手段としての検出コイル6、同期検波回路7およびケース8を備えている。この場合、振動体2は、一例として、印加される磁界の向きとは関係なく伸長する正の磁歪特性を有する磁歪材料を用いて回転体(一例として、扁平な円板体)に形成されている。ここで、本実施の形態において回転体とは、平面上の平面図 50

形を同一の平面内に配設された軸線（後述する軸線 A）を中心として回転させたときに形成される立体図形をいうものとする。また、磁歪材料としては、正または負の磁歪特性を有する材料、具体的には Ni-Fe 系磁歪材料や R-Fe 系磁歪材料等を使用することができ。また、磁歪材料としては、磁歪効果を示す向きがランダムな等方性磁歪材料を用いてもよい。ただし、振動体 2 における振動の効率を高めるためには、印加される磁界の向きとその向きとが同一方向に揃っている異方性磁歪材料を用いるのが好ましい。

#### 【0022】

支持部材 3 は、一例として、図 1 に示すように、円柱体に形成された永久磁石で構成されている。また、支持部材 3 は、図 2 に示すように、振動体 2 の軸線 A 上に各磁極が位置するように配設されると共に、振動体 2 の表面における軸線 A の通過部位、すなわち本実施の形態では振動体 2 の下面中央部分にその一端側（同図中の上端側（N 極））が固定されて振動体 2 を支持する。この場合、永久磁石で構成された支持部材 3 は、その一端側（N 極）から他端側（S 極）に向かう一定の強度の磁界を外側に向けて常時生成している。したがって、支持部材 3 の上端側（N 極）が下面中央部分に固定された振動体 2 には、その中央部分からその外縁に向けて放射状に広がる一定の強度の磁界（バイアス磁界）が支持部材 3 によって常時印加されている。また、支持部材 3 は、その磁界によって振動体 2 を直線性の良好な駆動領域にバイアス可能に、その磁力が予め設定されている。また、振動体 2 の下面中央部分は、振動体 2 による振動の中心点（不動点）として機能する。また、この不動点は、角速度センサ 1 に加わる角速度の大きさや加速度の方向が変化したときにも、振動の中心としての機能が不変であるという性質を有する。したがって、外部から加わる振動による影響を受けることなく広い角速度領域に亘って正確な角速度検出が可能となっている。

#### 【0023】

励磁コイル 4 は、図 1, 2 に示すように、合成樹脂製のボビン 11 と、ボビン 11 に巻回されて形成されたコイル 12 とを備えて構成されている。この場合、ボビン 11 は、円筒状の巻枠部 11a、巻枠部 11a の各端部に形成された一対のフランジ部 11b, 11c、およびリブ部 11d を備えて構成されている。また、ボビン 11 は、支持部材 3 を介して間接的に振動体 2 を支持すると共に、検出コイル 6 を直接支持する機能を備えている。具体的には、巻枠部 11a は、その中心孔 B にフランジ部 11b 側から支持部材 3 を挿入可能に構成されると共に、挿入された支持部材 3 をその内周面で保持可能に構成されている。また、巻枠部 11a は、図 2 に示すように、その全長が支持部材 3 よりも短く構成されて、ボビン 11 に装着された振動体 2 とフランジ部 11b とが離間するように（接触しないように）構成されている。リブ部 11d は、フランジ部 11b における振動体 2 との対向面の外縁部分に、一例としてリング状に形成されて、検出コイル 6 を支持可能に構成されている。また、リブ部 11d は、同図に示すように、その内径が振動体 2 の外径よりも大径に形成されて、振動体 2 に接触しないように構成されている。以上の構成により、励磁コイル 4 は、振動体 2 の一方の面側（図 1, 2 中では下方側）に、その軸線と振動体 2 の軸線 A とが一致するようにして配設されて、発振駆動回路 5 から供給される駆動信号 S<sub>a</sub> に基づいてコイル 12 によって生成された磁界を支持部材 3 を介して振動体 2 に印加することにより、振動体 2 を振動させる。この場合、コイル 12 によって生成される磁界は、交番磁界であって、その強度は支持部材 3 によって生成されるバイアス磁界よりも弱く設定されている。

#### 【0024】

発振駆動回路 5 は、図 2 に示すように、駆動信号 S<sub>a</sub>、および駆動信号 S<sub>a</sub> に同期した基準信号 S<sub>b</sub> を生成して、駆動信号 S<sub>a</sub> を励磁コイル 4 のコイル 12 に供給すると共に、基準信号 S<sub>b</sub> を同期検波回路 7 に供給する。一例として、発振駆動回路 5 は、駆動信号 S<sub>a</sub> として交流電圧を生成する。

#### 【0025】

検出コイル 6 は、一例として、リブ部 11d とほぼ同径（振動体 2 よりも大径）のトロイダルコア 6a、およびトロイダルコア 6a に巻回されたコイル 6b を備え、その軸線と振

動体 2 の軸線 A とが同軸で、かつ振動体 2 と離間して振動体 2 の周囲に配設されて、振動体 2 の外周面近傍に発生する磁界の変化を検出可能に構成されている。同期検波回路 7 は、振動体 2 の外周面近傍に発生している磁界の変化に起因してコイル 6 b の両端に誘起する信号 S c を基準信号 S b で同期検波して、信号 S c の電圧値に応じた電圧値であって、信号 S c の位相に応じた極性（正負）の直流検出電圧 V d を出力する。

#### 【0026】

ケース 8 は、図 1、2 に示すように、磁性材料を用いてそれぞれ構成された上ケース 2 1 と下ケース 2 2 とを備えている。この場合、上ケース 2 1 は一端側（同図中の上端側）が閉塞して下端側が開口する円筒体に形成されている。また、上ケース 2 1 の内径は、励磁コイル 4 および検出コイル 6 の各外径よりも若干大径に形成されて、これらの部材を収容可能に構成されている。一方、下ケース 2 2 は、上ケース 2 1 における開口側（同図中の下端側）を閉塞可能な円板体に形成されて、上ケース 2 1 に対する蓋として機能すると共に、振動体 2 を固定する支持部材 3 および振動体 2 を載置するための載置台としても機能する。一例として、下ケース 2 2 は、その上ケース 2 1 側の面における中央部分が上ケース 2 1 に嵌入可能な円柱状に形成されて、上ケース 2 1 と嵌合可能な段付き円板体に構成されている。この構成により、上ケース 2 1 の開口側を下ケース 2 2 が閉塞した状態において、上ケース 2 1 と下ケース 2 2 との相対的な位置ずれを防止している。このような構成のケース 8 内に、振動体 2、支持部材 3、励磁コイル 4、および検出コイル 6 が、各々の軸線をケース 8 の軸線に一致させた状態で収容されている。したがって、磁性材料製の上ケース 2 1 および下ケース 2 2 は、励磁コイル 4 による磁界のケース 8 の外部への漏洩を防止すると共に外部磁界のケース 8 の内部への侵入を抑制することによって振動体 2 および検出コイル 6 に対する外部磁界の影響を低減するシールド機能を備えている。さらに、ケース 8 は、振動体 2 および支持部材 3 と相俟って、励磁コイル 4 によって形成される磁界に対する閉磁路を形成する機能も備えている。

#### 【0027】

次いで、角速度センサ 1 の角速度検出動作について図 2～図 5 を参照して説明する。

#### 【0028】

発振駆動回路 5 からコイル 1 2 に駆動信号 S a が供給されている状態では、励磁コイル 4 は交番磁界を生成している。この交番磁界は支持部材 3 によって生成されているバイアス磁界に重畳され、交番磁界とバイアス磁界の合成磁界 C は、図 2 に示すように、励磁コイル 4 に対するコア部材として機能する支持部材 3 を介して（磁路として）、振動体 2 の中心部分に効率よく供給される。また、振動体 2 の中心部分に供給された合成磁界 C は、図 3 に示すように、振動体 2 内をその中心部分から外縁部分に向けて半径方向に沿って放射状に拡がった後に、振動体 2 の外周面から抜け出てトロイダルコア 6 a 内をその半径方向に沿って通過する。さらに、合成磁界 C は、トロイダルコア 6 a を通過して上ケース 2 1 内に吸収されて、上ケース 2 1 内を通過した後に下ケース 2 2 内を通過して支持部材 3 に戻る。この場合、振動体 2 は、その内部を合成磁界 C が中央部分から外縁部分に向けて放射状に通過することにより、合成磁界 C に含まれているバイアス磁界によって全体として拡径すると共に、合成磁界 C に含まれている交番磁界によってその拡径量が交番磁界の周期で変化する。すなわち、図 3 において矢印 D で示すように、軸線 A を中心とした放射方向に沿って全方向に対して全体として伸縮を繰り返して振動している。言い換えれば、振動体 2 は、その平面形状を円形状態に維持しつつ、その外径が拡縮するようにして軸線 A を中心として振動している（図 3～図 5 では、振動体 2 の外径の拡縮を誇張して示すものとし、外径の伸び量が最大の状態を実線で、外径の伸び量が最小の状態を一点鎖線で示す）。この際には、合成磁界 C が、トロイダルコア 6 a 内を、その半径方向に沿って通過しているため、この合成磁界 C に起因する電圧がコイル 6 b に誘起しない結果、検出コイル 6 は電圧を検出しない。以下、理解を容易にするために、振動体 2 の軸線 A を中心とする放射方向に沿った振動方向（同図中において矢印 D で示される向き）を基本振動方向ともいう。

#### 【0029】



この状態において、図 4 に示すように、角速度センサ 1 に対して軸線 A を中心として時計方向回り（同図中の矢印の向き）の角速度が加わった場合、振動体 2 には基本振動方向 D に直交する方向に角速度に応じた大きさのコリオリ力が発生するため、振動体 2 の振動方向は、それまでの基本振動方向 D の方向から同図に矢印 E で示す振動方向の向きに変化する。この場合、基本振動方向 D と矢印 E で示す振動の向きとのずれ量は、角速度の大きさに応じて変化する。したがって、振動体 2 の外周面から抜け出て検出コイル 6 に向かう磁界（磁束）の方向も、同図において矢印 F で示す方向（振動体 2 における振動方向 E と同一方向）に角速度の大きさに応じて変化する（ずれる）。このため、基本振動時には検出コイル 6 におけるコイル 6 b の個々の巻線に対して平行に通過していた磁束が、個々の巻線によって形成される平面を通過するように変化する。この結果、角速度の大きさに応じた信号 S c がコイル 6 b の両端に誘起する。したがって、同期検波回路 7 によって生成される直流検出電圧 V d も、その電圧値が角速度に応じて変化する。 10

#### 【0030】

一方、図 5 に示すように、角速度センサ 1 に対して軸線 A を中心として反時計方向回り（同図中の矢印の向き）の角速度が加わった場合、上記と同様にして振動体 2 には角速度に応じた大きさのコリオリ力が発生して、振動体 2 の振動方向は、それまでの基本振動方向 D の方向から同図に矢印 G で示す振動方向の向きに変化する。この場合にも、基本振動方向 D と矢印 G で示す振動の向きとのずれ量は、角速度の大きさに応じて変化する。したがって、振動体 2 の外周面から抜け出て検出コイル 6 に向かう磁界（磁束）の方向も、同図において矢印 H で示す方向（振動体 2 における振動方向 G と同一方向）に角速度の大きさに応じて変化する（ずれる）。このため、基本振動時には検出コイル 6 におけるコイル 6 b の個々の巻線に対して平行に通過していた磁束が、個々の巻線によって形成される平面を通過するように変化する。この結果、角速度の大きさに応じた信号 S c がコイル 6 b の両端に誘起する。この場合、信号 S c の極性（位相）は、角速度センサ 1 に対して軸線 A を中心として時計方向回りの角速度が加わったときとは逆極性（逆相）となる。したがって、同期検波回路 7 によって生成される直流検出電圧 V d も、その極性（正負）が角速度センサ 1 に対して軸線 A を中心として時計方向回りの角速度が加わったときとは逆になる以外は、同じようにして、その電圧値が角速度に応じて変化する。 20

#### 【0031】

したがって、この角速度センサ 1 を使用することにより、同期検波回路 7 によって生成される直流検出電圧 V d の極性に基づいて、角速度センサ 1 に加わっている角速度の方向（時計方向か反時計方向か）を特定することができると共に、直流検出電圧 V d の電圧値の大きさに基づいて、角速度の大きさを特定することができる。 30

#### 【0032】

このように、この角速度センサ 1 によれば、伸縮振動における不動点としての中心部分に固定された支持部材 3 で検出コイル 6 を含む他の部材と非接触の状態では振動体 2 を支持し、かつ、振動体 2 の内部に、その中央部分から外縁部分に向けた放射方向に沿って通過し、その強度が周期的に変化する合成磁界 C を支持部材 3 および励磁コイル 4 によって発生させてその放射方向に沿って全方向に振動体 2 を全体として伸縮させて振動させるという、通常の状態では起こり得ない振動状態（振動モード）で振動体 2 を振動させることにより、支持部材 3 による振動体 2 に対する振動の阻害を回避しつつ、外部振動が振動体 2 に伝わったときであっても、その外部振動による影響を殆ど受けることなく振動体 2 を基本振動での振動状態に維持することができる。したがって、この角速度センサ 1 によれば、外部振動が加わった状態においても、高い精度で角速度を検出することができる。 40

#### 【0033】

さらに、振動体 2 を支持部材 3 で支持する簡易な構成を採用したことにより、角速度センサ 1 を十分に安価に製造することができる。また、支持部材 3 を永久磁石で構成して振動体 2 に対してバイアス磁界を常時印加すると共に、励磁コイル 4 用のコアとしても機能させたことにより、励磁コイル 4 によって生成される磁界を振動体 2 の中央部分（軸線 A 近傍）に効率よく供給することができ、しかも磁歪材料で形成された振動体 2 を直線性がよ 50

くかつ変化量の大きな領域で効率よく振動させることができる。したがって、小さいエネルギー（少ない励磁電力）で振動体2を効率よく振動させることができる。さらに、振動体2、支持部材3、励磁コイル4および検出コイル6を磁性材料製のケース8内に収容したことにより、励磁コイル4による磁界のケース8の外部への漏洩を防止できると共に、外部磁界のケース8の内部への侵入を抑制して振動体2および検出コイル6に対する外部磁界の影響を低減することができる。また、ケース8が振動体2および支持部材3と相俟って励磁コイル4によって生成される磁界に対する閉磁路を形成するため、漏れ磁束を低減できる結果、より一層効率よく振動体2を振動させることができる。

#### 【0034】

なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されない。例えば、本発明の実施の形態では、支持部材3を永久磁石で構成すると共に駆動信号S<sub>a</sub>として交流電圧を用いて振動体2を交番磁界Cによって振動させる例について説明したが、支持部材3を着磁していない磁性体で構成することもできる。この場合、支持部材3を永久磁石で構成することで振動体2に印加していたバイアス磁界については、駆動信号S<sub>a</sub>に直流電圧を重ねることにより、この直流電圧によって励磁コイル4で生成させる構成を採用する。この構成によれば、発振駆動回路5の回路構成が若干複雑になると共に重ねる直流電圧分だけ発振駆動回路5および励磁コイル4で消費される電力（励磁電力）が増加するものの、上記した実施の形態と同様にして、振動体2を直線性がよくかつ変化量の大きな領域で効率よく振動させることができる。また、支持部材3を着磁していない磁性体で構成すると共に、直流電圧が重ねしていない交番電圧を駆動信号S<sub>a</sub>として励磁コイル4に供給する構成を採用することができる。この構成によれば、直流電圧を駆動信号S<sub>a</sub>に重ねないため、発振駆動回路5の複雑化を回避することができるものの、振動体2にバイアス磁界を印加しないために、振動体2を振動させる効率が低下する。しかしながら、支持部材3として単なる磁性体を使用することができると共に、発振駆動回路5を簡易に構成することができるため、簡易で安価に角速度センサ1を構成することができる。さらに、バイアス磁界を加えた構成と比較して、振動体2を2倍の周波数で振動させることができるため、振動周波数の高い加速度センサを簡易に構成することができる。

#### 【0035】

一方、その一部に永久磁石を含んで支持部材3を構成することもできる。言い換えれば、着磁していない磁性体と永久磁石とを組み合わせ支持部材3を構成することもできる。この構成によれば、永久磁石を交換するだけで直流磁界の大きさを容易に変更することができる。このため、様々な特性の角速度センサを容易に製造することができる。例えば、図6に示すように、円筒状のフェライト材（着磁していない円筒状磁性体）3aの中心孔3h内に円柱状の金属磁石（永久磁石）3bを挿入して支持部材3を構成することもできる。この構成によれば、円筒状のフェライト材3aを共通部品として使用し、その中心孔3h内に挿入する金属磁石3bとして各種の磁気特性を有する金属磁石3bを予め用意しておくことにより、角速度センサ1の特性を容易に変更することができる。また、フェライト材3aへの金属磁石3bの組み込みを容易に行える結果、支持部材3を容易に作製することができる。また、励磁コイル4に対するコア部材として支持部材3を利用しないときには、支持部材3を非磁性材料（例えば、合成樹脂材料）で構成することもできる。また、支持部材3を非磁性材料で構成した場合、振動体2の下方に配置して振動体2を支持する構成に代えて、振動体2の上面中央部分とケース8との間に軸線Aと同軸に配置して、上端側をケース8に固定すると共に下端側を振動体2の上面中央部分に固定することにより、振動体2を上方から吊り下げた状態で支持する構成を採用することもできる。この場合、励磁コイル4の巻枠部11a内に磁性体をコア部材として配置するのが好ましい。この構成により、上記した実施の形態と同様にして、この磁性体を介して励磁コイル4によって生成された磁界を振動体2の中心部分に効率よく供給することができる。この場合、磁性体と振動体2との接触状態を維持するのが好ましいが、必ずしも接触させる必要はなく、磁性体と振動体2との間にギャップが介在する構成を採用することもできる。また、振動体2の上下両面に支持部材3をそれぞれ固定して、一对の支持部材3、3で振動体2

を支持する構成を採用することもできる。ただし、この場合、振動体 2 を挟んで励磁コイル 4 と反対側に配設した支持部材 3 については非磁性材料で構成する。

【0036】

また、上記した実施の形態では、振動体 2 を円板体に形成した例について説明したが、振動体 2 の形状は、回転体であればよく、円板体以外にも、例えば、球体、円柱体（円板体よりも厚みのある立体）、円錐体もしくは円錐台、またはこれらを組み合わせて構成した立体形状を採用することもできる。同様にして、検出コイル 6 についても、リング体以外に、1 または 2 以上の円弧状体を配設して構成することもできる。また、検出コイル 6 については、コイル 6 b のみのいわゆる空心コイルで形成することもできる。さらに、検出コイルに代えて、ホール効果や磁気抵抗効果を利用した半導体磁気センサを使用することもできる。また、正の磁歪材料に代えて、印加される磁界の向きとは関係なく収縮する負の磁歪材料を用いて振動体 2 を構成することもできる。

10

【0037】

また、角速度センサ 1 は、単体で使用することもできるが、図 7 に示すように、3 つの角速度センサ 1, 1, 1 を組み合わせて 3 軸の角速度検出装置 3 1 を構成することもできる。この角速度検出装置 3 1 は、3 つの角速度センサ 1, 1, 1 と、固定部材 3 2 と、各角速度センサ 1 用の発振駆動回路 5 および同期検波回路 7（いずれも図示せず）とを備えて構成されている。この場合、1 つの角速度センサ 1 は X 軸と平行に、もう 1 つの角速度センサ 1 は Y 軸と平行に、残りの角速度センサ 1 は Z 軸と平行になるように設定されて、それぞれ固定部材 3 2 に固定される。この角速度検出装置 3 1 によれば、3 軸の全てに対する角速度を同時に検出することができる。また、図示はしないが、所定の平面内においてのみ移動する物体に加わる角速度を検出する場合には、例えば、同図における Z 軸に配設した角速度センサ 1 を除いて、2 つの角速度センサ 1, 1 で 2 軸の角速度検出装置を構成することもできる。

20

【0038】

また、角速度センサ 1 において、支持部材 3 を磁歪材料で構成することもできる。さらに、上記した角速度センサ 1 や角速度検出装置は、ビデオカメラ等に採用されている手ぶれ補正機構（動揺補正機構）に適用することができるのは勿論のこと、航法装置への適用や、自動車および航空機等の姿勢制御装置への適用を図ることができる。

【0039】

30

【発明の効果】

以上のように、本発明に係る角速度センサによれば、磁界生成手段が振動体の軸線を中心とする放射方向に沿った磁界をその振動体の内部に発生させることによって磁歪効果による放射方向の振動を振動体に発生させ、検出手段が振動体に作用するコリオリ力に基づく振動の変化に応じた磁束変化を検出することにより、通常の状態では起こり得ない振動状態（振動モード）で振動体を振動させることができ、これにより、支持部材による振動体に対する振動の阻害を回避しつつ、外部振動が振動体に伝わったときであっても、その外部振動による影響を殆ど受けることなく振動体を基本振動での振動状態に維持することができる。したがって、この角速度センサによれば、外部振動が加わった状態においても、高い精度で角速度を検出することができる。また、振動体を支持部材のみで支持する簡易な構成を採用したことにより、角速度センサを十分安価に製造することができる。

40

【0040】

また、本発明に係る角速度センサによれば、磁性材料で支持部材を構成したことにより、磁界生成手段によって生成される磁界を振動体の軸線近傍に効率よく供給することができる。したがって、小さいエネルギーで振動体を効率よく振動させることができる。

【0041】

また、本発明に係る角速度センサによれば、永久磁石を含んで支持部材を構成したことにより、簡単な構成でありながら、交番磁界に直流磁界（バイアス磁界）を加えた合成磁界を振動体の内部に簡易に発生させることができる。したがって、磁歪材料の異なる各種の振動体に対しても、所望の磁界をその内部に簡易に生成させることができるため、磁歪変

50

化が大きく、かつ直線性がよい領域で振動体を効率よく振動させることができる。また、交番電圧に直流電圧を重ねさせて上記の合成磁界を生成させる構成と比較して、直流電圧が不要な分だけ、励磁電力を低減させることができる。

【0042】

また、本発明に係る角速度センサによれば、振動体、支持部材、磁界生成手段および検出手段を磁性材料製のケース内に收容することにより、磁界生成手段による磁界のケースの外部への漏洩を防止できると共に、外部磁界のケースの内部への侵入を抑制して振動体および検出手段に対する外部磁界の影響を低減することができる。また、ケースが振動体および支持部材と相俟って磁界生成手段によって生成される磁界に対する閉磁路を形成するため、漏れ磁束を低減できる結果、より一層効率よく振動体を振動させることができる。 10

【0043】

また、本発明に係る角速度検出装置によれば、上記の角速度センサを、直交する2軸上にそれぞれ配設したり、3軸上にそれぞれ配設したりすることにより、外部振動が加わった状態であっても2軸または3軸の方向に対する角速度を高い精度で検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る角速度センサ1の分解斜視図である。

【図2】角速度センサ1の内部構造、発振駆動回路5および同期検波回路7を説明するための説明図である。

【図3】角速度センサ1に角速度が加わっていない状態における振動体2内部の磁界の方向および振動方向を示す振動体2および検出コイル6の平面図である。 20

【図4】角速度センサ1に時計方向の角速度が加わった状態における振動体2内部の磁界の方向および振動方向を示す振動体2および検出コイル6の平面図である。

【図5】角速度センサ1に反時計方向の角速度が加わった状態における振動体2内部の磁界の方向および振動方向を示す振動体2および検出コイル6の平面図である。

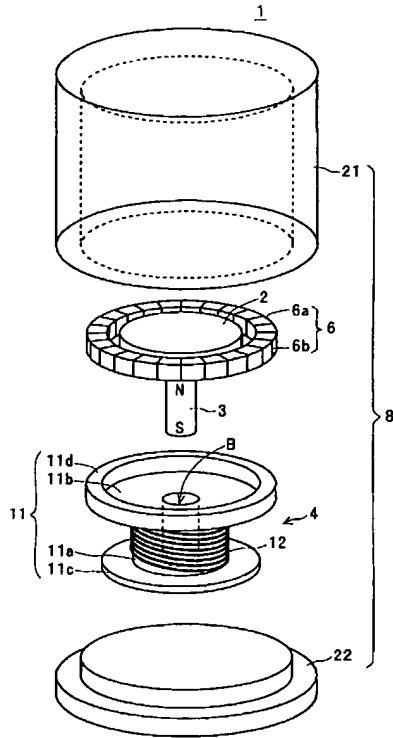
【図6】永久磁石3bを含む支持部材3の構成を示す分解斜視図である。

【図7】3つの角速度センサ1を用いた角速度検出装置31の構成を示す分解斜視図である。

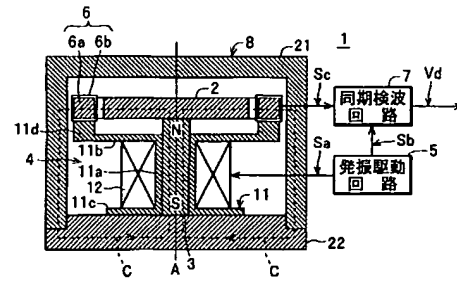
【符号の説明】

- 1 角速度センサ
- 2 振動体
- 3 支持部材
- 4 励磁コイル
- 5 発振駆動回路
- 6 検出コイル
- 7 同期検波回路
- 8 ケース
- 31 角速度検出装置
- A 軸線

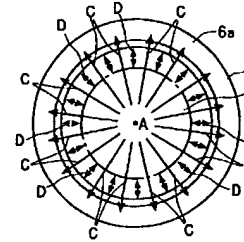
【図 1】



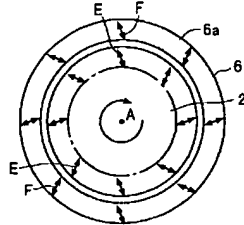
【図 2】



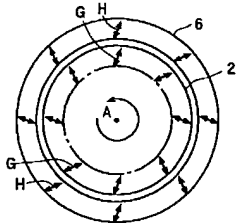
【図 3】



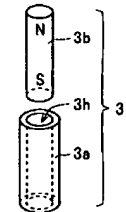
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

